

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2005-084117

(43)Date of publication of application : 31.03.2005

(51)Int.CI.

G03B 21/00

G02B 5/02

G02B 27/48

(21)Application number : 2003-312881

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 04.09.2003

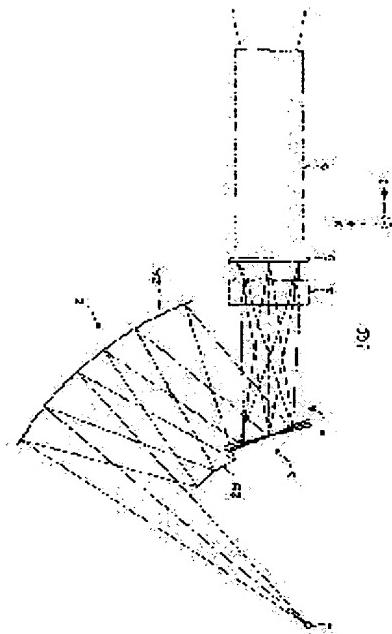
(72)Inventor : KIKUCHI HIROKI

(54) PROJECTION IMAGE DISPLAY APPARATUS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a projection image display apparatus in which high resolution is easily accomplished and speck noise is reduced, thereby obtaining satisfactory image quality.

SOLUTION: The projection image display apparatus 100 includes: an one-dimensional display element 1 in which a plurality of light emitting parts or light modulating parts are arranged in one direction; a relay optical system 2; a light scanning means 3 for scanning an one-dimensional image and forming a two-dimensional intermediate image; a projection lens 6; a diffuser 5 disposed between the light scanning means 3 and the projection lens 6; and a drive means which drives the diffuser 5 in the direction Y which is substantially perpendicular to the direction Z of an optical axis and substantially parallel to the direction of the one-dimensional image. To display an image, the diffuser 5 is driven by the drive means, so that light passed through the diffuser 5 is modulated in time phase.



TEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-84117

(P2005-84117A)

(43) 公開日 平成17年3月31日(2005.3.31)

(51) Int.Cl.⁷

G03B 21/00

G02B 5/02

G02B 27/48

F 1

G03B 21/00

G02B 5/02

G02B 27/48

D

B

テーマコード(参考)

2H042

2K103

審査請求 未請求 請求項の数 7 O.L. (全 15 頁)

(21) 出願番号

特願2003-312881(P2003-312881)

(22) 出願日

平成15年9月4日(2003.9.4)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(74) 代理人 100122884

弁理士 角田 芳未

(74) 代理人 100113516

弁理士 磯山 弘信

(72) 発明者 菊池 啓記

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニーブルーバードビル内

F ターム(参考) 2H042 AA03 AA28 BA04 BA06 BA10

BA14 BA19

2K103 AA14 BB01 BC05 BC23 BC38

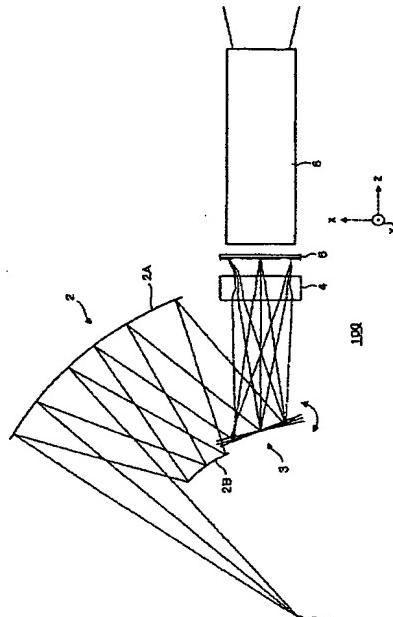
BC47 BC48 CA26 CA53

(54) 【発明の名称】投射型画像表示装置

(57) 【要約】

【課題】 高解像度化を容易にすると共に、スペックルノイズを低減して良好な画質が得られる投射型画像表示装置を提供する。

【解決手段】 複数の発光部又は光変調部を一方向に配列した1次元表示素子1と、リレー光学系2と、1次元像を走査して2次元中間像を形成する光走査手段3と、投射レンズ6と、光走査手段3と投射レンズ6との間に配置されたディフューザ5と、ディフューザ5を光軸方向Zに略垂直でありかつ1次元像の方向に略平行な方向Yに駆動する駆動手段とを備え、画像表示の際には、駆動手段によりディフューザ5が駆動されて、ディフューザ5を通過する光に時間的な位相変調が与えられる投射型画像表示装置100を構成する。



ことを特徴とする請求項2に記載の投射型画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、スクリーン等の表示部に画像を投射して表示を行う投射型画像表示装置に係わる。

【背景技術】

【0002】

10 大画面表示が可能な画像表示装置として、投射型画像表示装置、即ちいわゆるプロジェクタ装置が知られている。

【0003】

この投射型画像表示装置においては、光源からの光をスクリーン上に投射して画像を表示し、このスクリーン上に映し出された画像を観察者が見るように構成されている。

【0004】

20 投射型画像表示装置用の光源としては、従来例えば高輝度の投射管が用いられ、これを例えれば画像が表示された液晶パネルを通して投射することにより、スクリーンに画像を投射していたが、明るさや色再現性等が充分に満たされなかった。

そこで、映像信号による変調の容易さ、色再現性の良さ、明るさの確保等を目的として、光源に赤、緑、青の各色のレーザ光を用いた投射型画像表示装置が提案されている。

【0005】

30 ところが、このようにレーザ光を光源とした投射型画像表示装置においては、スペックルノイズという粒子状のノイズが画面上に発生し、画質を著しく劣化させることが問題となる。

これは、レーザ光の高い可干渉性により、レーザスペックル現象が生じるためである（例えば非特許文献1参照）。例えはスクリーン等の粗い表面等にレーザ光が照射されたときに、粒子状・斑点状の緩衝パターンが発生する。

【0006】

40 レーザ光を光源として用いた画像表示装置において、このスペックルノイズを低減する方法としては、例えはレーザ光の光路中にディフューザを設置する方法が採用されている。

これにより、スペックルノイズを目立たなくさせることができ可能である。

【0007】

また、ディフューザを細かく振動させることによって、時間的に異なるスペックルパターンを発生させ、目の平均効果によりスペックルノイズを目立たなくさせることができ可能であることも知られている。

50 【0008】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の発光部又は光変調部を一方向に配列した1次元表示素子と、

前記1次元表示素子からの1次元像を結像するリレー光学系と、

前記リレー光学系で結像された1次元像を、前記1次元表示素子における発光部又は光変調部の配列方向と直交する面内において走査して2次元中間像を形成する光走査手段と、

前記2次元中間像を表示部へ拡大投射する投射レンズと、

前記光走査手段と前記投射レンズとの間に配置されたディフューザと、

前記ディフューザを、光軸方向に略垂直であり、かつ前記1次元像の方向に略平行な方向に駆動する駆動手段とを備え、

画像表示の際には、前記駆動手段により、前記ディフューザが、光軸方向に略垂直であり、かつ前記1次元像の方向に略平行な方向に駆動されて、前記ディフューザを通過する光に時間的な位相変調が与えられる

ことを特徴とする投射型画像表示装置。

【請求項2】

前記ディフューザは、表面に凹凸が形成されたパターンを、繰り返し配置して成ることを特徴とする請求項1に記載の投射型画像表示装置。

【請求項3】

前記ディフューザを駆動する速度が、前記光走査手段により画像が1フレーム形成される毎に異なる位相を画像に与えるように設定されていることを特徴とする請求項1に記載の投射型画像表示装置。

【請求項4】

前記ディフューザを駆動する速度が、前記光走査手段により1ライン分の画像が形成される時間内に異なる位相を画像に与えるように設定されていることを特徴とする請求項1に記載の投射型画像表示装置。

【請求項5】

前記ディフューザが、テレセントリック補正を行う機能をも具備していることを特徴とする請求項1に記載の投射型画像表示装置。

【請求項6】

前記ディフューザを通って散乱された光の散乱角が、前記投射レンズの取り込み角と同程度以下となるように、前記ディフューザの前記パターンが設定されていることを特徴とする請求項2に記載の投射型画像表示装置。

【請求項7】

前記ディフューザを通って散乱された光の強度分布が、いずれの散乱角度に対してもほぼ一様になるように、前記ディフューザの前記パターンが設定されている

3

ところで、投射型画像表示装置において、従来は液晶ライトバルブ等の2次元型光変調素子と投影光学系とを用いて、像を拡大投影する構成が採用されていた。

【0009】

近年、新しい放送方式の導入や、演算素子の進歩に伴う画像処理速度の向上、あるいは、フィルムを使って拡大投影を行う従来形態（所謂アナログシネマ）から、デジタル信号処理を利用した形態（デジタルシネマ）への変換等において、高解像度化に対する要求が高まっている。

【0010】

しかしながら、上述した2次元型光変調素子は、例えば画素数の増加や画素サイズの小型化に起因する不都合等により、このような高解像度化へ対応させることが難しい。

【0011】

そこで、1次元型光変調素子を用いて1次元の中間像を形成し、この1次元の中間像を所定方向へ走査することにより、2次元の中間像を形成して、この2次元の中間像を拡大投射する構成の投射型画像表示装置が提案されている（例えば特許文献1又は特許文献2参照）。

これにより、光変調素子が1次元で済むため、スクリーンに同じ画像を表示するために必要となる光変調素子の画素配列数を、大幅に低減することができる。

【0012】

上述したように1次元型光変調素子を用いて、走査により2次元の中間像を形成する構成の投射型画像表示装置においても、2次元型光変調素子を用いた投射型画像表示装置と同様に、レーザ光等を光源として用いた場合にスペックルノイズを低減する必要がある。

【0013】

そして、例えば2次元の中間像の位置に、ディフューザを設置する構成が提案されている（例えば特許文献3参照）。

【特許文献1】米国特許5982553号明細書

【特許文献2】特表2000-513114号公報

【特許文献3】米国特許4035068号明細書

【非特許文献1】J.C. Dainty編, "Laser Speckle and Related Phenomena", Springer-Verlag社出版 (1975)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

しかしながら、1次元型光変調素子を用いて、走査により2次元の中間像を形成する構成の投射型画像表示装置に対して、前述した従来のディフューザの構成をそのまま採用しても、スペックルノイズの低減効果を充分に得ることが難しい、という問題がある。

【0015】

そして、1次元型光変調素子を用いて、走査により2

次元の中間像を形成する構成の投射型画像表示装置において、スペックルノイズを効果的に低減することが可能なディフューザ等について、有効な提案がなされていない。

【0016】

上述した問題の解決のために、本発明においては、高解像度化を容易にすると共に、スペックルノイズを低減して良好な画質が得られる投射型画像表示装置を提供するものである。

10 【課題を解決するための手段】

【0017】

本発明の投射型画像表示装置は、複数の発光部又は光変調部を一方向に配列した1次元表示素子と、この1次元表示素子からの1次元像を結像するリレー光学系と、このリレー光学系で結像された1次元像を1次元表示素子における発光部又は光変調部の配列方向と直交する面内において走査して2次元中間像を形成する光走査手段と、2次元中間像を表示部へ拡大投射する投射レンズと、光走査手段と投射レンズとの間に配置されたディフューザと、ディフューザを光軸方向に略垂直でありかつ1次元像の方向に略平行な方向に駆動する駆動手段とを備え、画像表示の際には、駆動手段によりディフューザが、光軸方向に略垂直であり、かつ1次元像の方向に略平行な方向に駆動されて、ディフューザを通過する光に時間的な位相変調が与えられるものである。

【0018】

上記本発明の投射型画像表示装置において、ディフューザが表面に凹凸が形成されたパターンを繰り返し配置して成る構成とすることができる。

30 また、上記本発明の投射型画像表示装置において、さらに、ディフューザを通って散乱された光の散乱角が投射レンズの取り込み角と同程度以下となるように、ディフューザのパターンが設定されている構成とすることができる。

また、上記本発明の投射型画像表示装置において、さらに、ディフューザを通って散乱された光の強度分布がいずれの散乱角度に対してもほぼ一様になるよう、ディフューザのパターンが設定されている構成とすることができる。

40 【0019】

上述の本発明の投射型画像表示装置の構成によれば、複数の発光部又は光変調部を一方向に配列した1次元表示素子と、この1次元表示素子からの1次元像を結像するリレー光学系と、このリレー光学系で結像された1次元像を1次元表示素子における発光部又は光変調部の配列方向と直交する面内において走査して2次元中間像を形成する光走査手段と、2次元中間像を表示部へ拡大投射する投射レンズとを備えていることにより、1次元表示素子からの1次元像をリレー光学系で結像させて、光走査手段により走査して2次元中間像を形成し、投射レ

5

ンズにより表示部に2次元画像を表示することができる。そして、1次元表示素子を用いているので、2次元表示素子を用いた場合と比較して、表示素子の画素数を大幅に低減することができる。

また、光走査手段と投射レンズとの間に配置されたディフューザと、ディフューザを光軸方向に略垂直でありかつ1次元像の方向に略平行な方向に駆動する駆動手段とを備え、画像表示の際には、駆動手段によりディフューザが、光軸方向に略垂直であり、かつ1次元像の方向に略平行な方向に駆動されて、ディフューザを通過する光に時間的な位相変調が与えられることにより、ディフューザが2次元中間像の位置に配置されており、1次元像の方向に略平行な方向に駆動されるため、光走査手段により走査して2次元中間像を形成している場合でも、時間的に異なるスペックルパターンを発生させて、目の平均効果によりスペックルノイズを目立たなくすることが可能になる。

【0020】

また、ディフューザが表面に凹凸が形成されたパターンを繰り返し配置して成る構成としたときには、パターンの繰り返し周期に対応して、ディフューザの駆動速度を設定することにより、相関性の低いスペックルパターンを複数形成することが可能になり、効果的にスペックルノイズを低減することができる。

さらに、ディフューザを通って散乱された光の散乱角が投射レンズの取り込み角と同程度以下となるように、ディフューザのパターンを設定したときには、散乱された光が投射レンズから外れることを防止して、ディフューザを通って散乱された光を効率良く投射レンズに取り込んで、画像表示に使用することができる。

またさらに、ディフューザを通って散乱された光の強度分布がいずれの散乱角度に対してもほぼ一様になるように、ディフューザのパターンを設定したときには、投射レンズの瞳面内における光強度分布をほぼ一様にすることができ、不意に投射レンズの中を覗きこんでも、観察者の網膜上に形成される像を均一にして、網膜に損傷を与えることを防止することができる。

【発明の効果】

【0021】

上述の本発明によれば、1次元表示素子を用いることにより、高解像度化を容易にする。そして、1次元表示素子を用いて、光走査手段により2次元中間像を形成する構成の投射型画像表示装置においても、スペックルノイズを低減することができる。

従って、高い解像度を有し、かつ良好な画質で画像表示を行うことができる投射型画像表示装置を実現することができる。

【0022】

また、ディフューザが表面に凹凸が形成されたパターンを繰り返し配置して成る構成としたときには、パター

6

ンの繰り返し周期（ピッチ）に対応して、ディフューザの駆動速度を設定することにより、効果的にスペックルノイズを低減することができるため、良好な画質で画像表示を行うことができる。

これにより、例え3Hz～30Hz等の比較的低速で、かつ例え200μm以下と少ない移動量で、ディフューザを駆動することにより、最適なスペックル低減効果が得られる。そして、さらに高速に回転させることにより、さらにスペックルを低減することができる。

【0023】

また、ディフューザにテレセントリック補正を行う機能（リニアフレネル機能を付加するブレーズ型ディフューザ等）をも具備した構成としたときには、スペックルを低減する効果と、周辺部の光量低下を防止する効果とを同時に実現できる。

【0024】

また、ディフューザを通って散乱された光の強度分布が、いずれの散乱角度に対してもほぼ一様になるように、ディフューザのパターンを設定した構成としたときには、投射レンズを覗き込むことによって発生する可能性のある、網膜への損傷の危険性を低減することができる。特に、ピークパワーを低減すれば、網膜への損傷の危険性をさらに低減することができる。

これにより、レーザ光を使用した投射型画像表示装置において、安全性をさらに向上することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

本発明の一実施の形態として、投射型画像表示装置の概略構成図を図1に示す。

この投射型画像表示装置100は、1次元型光変調素子1と、オフナーリレー2と、ガルバノミラー3と、像面湾曲補正光学系4と、ディフューザ5と、投射レンズ6とを有して構成されている。

1次元型光変調素子1は、紙面に垂直な方向に多数の画素が並んで形成されている。

【0026】

この1次元型光変調素子1には、例えいわゆるGLV(Grating Light Valve)素子に代表される位相反射型回折格子等を用いることができる。

このGLV素子等を用いた場合には、素子自身が発光しないので、図示しない光源と光源からの光を素子に投射する光学系とが必要になる。このとき、光源としては、コヒーレントな光源を用いることが望ましい。

【0027】

ここで、1次元型光変調素子1に用いられるGLV素子7の動作原理について、図2及び図3を参照して説明する。なお、図2において、基板8に向かう矢印「I」が入射光の向きを示し、基板8から遠ざかる矢印「R」が反射光の向きを示しており、また、図3において、基板8に向かう矢印「I」が入射の向きを示し、矢印「D

正鏡2Aは、1次元型光変調素子1側に凹面が向いた凹面鏡であり、1次元型光変調素子1からの光について、1回目と3回目の反射を担当している。

副鏡2Bは、正鏡2A側に凹面が向いた凹面鏡であり、2回目の反射を担当している。

1次元型光変調素子1からオフナーリレー2に入射した光は、まず正鏡2Aで反射されてから副鏡2Bに到達し、ここで2回目の反射を受けて再び正鏡2Aへと向かう。そして、正鏡2Aで3回目の反射を受けた光がガルバノミラー3へと向かうことになる。

【0033】

ガルバノミラー3は、平板状のミラーから成り、オフナーリレー2の結像位置の手前に配置され、画像信号と同期して一次元像を走査する、光走査手段を構成する。

そして、1次元型光変調素子1の配列方向(Y軸方向)に対して垂直なXZ面(図1の紙面)において、図示しない駆動手段(アクチュエータ等)により、図中矢印で示すように平板状のミラーを回動させることにより、走査を行うことができる。

このとき、ガルバノミラー3の走査角に応じた画像信号に基づいて、1次元型光変調素子1で光変調を行うことにより、1次元像から、この1次元像を含む面に直交する方向に走査して形成される2次元像が得られる。この2次元像はガルバノミラー3の回転軸を中心とした円筒面上(図1では円弧上になる)に形成される。

【0034】

このように円筒面上に形成された2次元像をそのまま投射しても、平面のスクリーンに画像を正しく表示することができない。

そこで、ガルバノミラー3により形成される2次元像の位置に、像面湾曲補正光学系4を設置している。この像面湾曲補正光学系4を通過させることにより、平面状の2次元中間像を形成することができる。

この像面湾曲補正光学系4としては、例えば円筒レンズを用いて構成することができる。

【0035】

投射レンズ6は、形成された平面状の2次元中間像をスクリーン上に拡大投影するものである。

【0036】

そして、像面湾曲補正光学系4と投射レンズ6との間の、上述の平面上の2次元中間像が形成されている位置に、ディフューザ5が配置されている。

このディフューザ5は、2次元中間像のサイズに対応した平面形状を有しており、例えば図示されている上下方向(X方向)が長手方向である長方形状とされる。

【0037】

本実施の形態の投射型画像表示装置100においては、特に、2次元中間像の位置に設置されたディフューザ5を、図示しないが、光軸方向(図中Z方向)に垂直であり、かつ1次元型光変調素子1からの1次元像の方

+1」が+1次回折光の向きを示し、矢印「D-1」が-1次回折光の向きを示している。

【0028】

反射回折格子型の素子では、基板8上に多数の可動格子9及び固定格子10を一定方向に配列した構成を有しており、交互に配列された可動格子9と固定格子10の表面には反射膜がそれぞれ形成されている。つまり、可動格子9は可撓性梁(マイクロブリッジ)とされて基板上に弾性支持され、その表面に反射膜9aが形成され、また、固定格子10の表面には反射膜10aが形成されている。

そして、基板8のうち、可動格子9及び固定格子10が配置される方の面8aとは反対側の面には電極層8bが形成されている。

【0029】

まず、可動格子9と電極層8bとの間に電位差を与えない状態では、図2に示すように、可動格子9と固定格子10との高さが揃っていて、それらの反射面の高さ(基板8からの距離)が一致するので、回折作用が起きていない。

よって、面8aに平行な破線で示すI方向からの入射光波面Wiについては、そのまま正反射光、即ち0次光としてR方向に反射される。

【0030】

ここで、可動格子9と電極層8bとの間に電圧をかけると、静電引力により可動格子9が基板8側に撓んで引き寄せられるので、光学的光路差を変化させることができるのである。

即ち、図3において誇張して示すように、格子の深さ(可動格子9と固定格子10との高さの差)が、光波長λの4分の1($\lambda/4$)になるように可動格子9と電極層8bとの間に電位差を与えて、可動格子9を基板上の面8aに近づけると、反射回折作用が起きる。

そして、I方向からの入射光波面Wiは、「D+1」方向や、「D-1」方向に向かう±1次回折光の波面Wd+, Wd-(図3では、Wiを示す破線よりも間隔の狭い破線で示す。)となって出射される。

【0031】

このように、電圧をかけない非駆動状態で正反射(0次反射光)が、また電圧印加による駆動状態で回折光(1次回折光)が得られるので、それらの状態を画素毎に制御することで光変調が可能となる。つまり、各画素に対応する個々の可動格子の深さを画像信号に対応させて制御を行うことにより、位相反射型回折格子が得られる。

【0032】

オフナーリレー2は、反射ミラーの組み合わせによるリレー光学系であり、一次元画像の等倍像を形成するものである。本実施の形態では、正鏡2Aと副鏡2Bとともに、オフナーリレー2が構成されている。

向（図中紙面に垂直なY方向）に平行な方向、即ち図中Y方向に振動させる。このディフューザ5を振動させる方向（図中Y方向）は、ガルバノミラー3による光走査の方向（図中X方向）と垂直になっている。

ディフューザ5は、図示しない駆動装置に接続されており、この駆動装置により上述のようにY方向に振動させることができる。

【0038】

このようにディフューザ5を振動させることにより、ガルバノスキャナ3で走査を行うことにより形成された2次元像に対しても、スペックルノイズを低減することができる。

【0039】

なお、図1では、ディフューザ5を図中Y方向に振動させる構成としているが、駆動装置によりディフューザ5を図中Y方向に駆動させる（動かす）構成であれば、その他の構成でもよい。

例えば後述するようにディスク状のディフューザを光軸に垂直に配置して、これを回転させることにより、光路内ではディフューザがY方向に運動するようにした構成も可能である。

【0040】

さらに、本実施の形態の投射型画像表示装置100においては、ディフューザ5の表面形状に特徴を有する。

即ち、ディフューザ5の表面に凹凸を有し、またこの凹凸が所定の間隔で繰り返すパターンとなっている。

このようなディフューザ5は、透明材例えばガラス基板を用いて、フォトリソグラフィ等の手法により、繰り返しの凹凸パターンを形成することにより製造することができる。

【0041】

このようなディフューザ5の一形態を図4及び図5に示す。

まず、凹凸パターンの一単位を図4に示す。

図4に示すように、一辺が $3\mu\text{m}$ の正方形を 8×8 個しきつめて、一辺 $24\mu\text{m}$ の正方形から成る凹凸パターンの一単位、即ち「セル」12を構成している。これは、GLV素子の画素サイズ（一辺 $25\mu\text{m}$ の正方形）とほぼ同等のサイズに設定されている。

なお、図4A中、白い正方形と黒い正方形は、それぞれ凹凸パターンの凹部或いは凸部のいずれか一方に対応している。

例えばガラス基板に対して、例えば深さ約 $0.5\mu\text{m}$ でエッチングを行うことにより、凹部と凸部とを形成す

ることができる。

【0042】

さらに、同様のセル12を $8 \times 8 = 64$ 個しきつめることにより、一辺 $196\mu\text{m}$ の正方形のユニット13を構成する。ここで、64個の各セル12は、互いに相関性の低いパターンとなるよう選ばれる。

そして、図5に示すように、一辺 $196\mu\text{m}$ の正方形のユニット13を、2次元中間像のサイズ全面にしきつめて、ディフューザ5の凹凸パターンが形成される。各ユニット13には、同一の凹凸パターンが形成されており、各ユニット13がディフューザ5の凹凸パターンの繰り返しの単位となっている。

図5では、2次元中間像のサイズが、縦（Y方向）が 35mm 、横（X方向）が $74.0\text{mm} + (-0.1 \sim +0.0\text{mm})$ と設定されている。なお、縦横の精度が異なっているのは、縦は1次元光変調素子1のサイズに対応して設定されるのに対して、横はガルバノミラー3の光走査によって設定されるからである。

【0043】

20 ディフューザ5の表面に、上述した凹凸パターンを形成したことにより、ディフューザ5を通過した光は、凹凸パターンの形状に対応した空間位相変調を受ける。

スクリーンに投影された投影像のスペックルノイズパターンは、光の位相によって変化する。

従って、ディフューザ5を駆動する（動かす）ことにより、時々刻々異なる位相変調を与えれば、スクリーン上のスペックルパターンは変化するため、人間の目の平均効果によりノイズが低減されることになる。

【0044】

30 このように、スペックルパターンの変化によりレンズが低減されることを、図6を参照して説明する。

図6は、図4及び図5に示した形態のディフューザ5を用いて、ディフューザ5の駆動による移動量とスペックルノイズとの関係について、測定を行った結果を示している。図6中横軸はディフューザの移動量 [μm] を示しており、縦軸は、ディフューザの移動量が0であるときのスペックルノイズの画像と比較しての、スペックルノイズの相関度を数値化したものを見ている。そして、全く同じノイズパターンであれば、相関度は100%となり、全く無相関の画像であれば、相関度は0%となる。なお、この相関度 ρ は以下の式(1)により求められる。

【0045】

【数1】

$$\rho = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sigma_x \sigma_y} \quad (1)$$

【0046】

この図6に示す測定結果から明らかのように、ディフューザ5をほんのわずか移動させる、例えば $10\text{ }\mu\text{m}$ 程度移動させるだけで、相関性の極めて低いスペックルノイズを発生させることができることがわかる。

また、図4及び図5に示した形態のディフューザ5は、 $196\text{ }\mu\text{m}$ 毎に同じパターンが出現するので、図6では $196\text{ }\mu\text{m}$ 及び $392\text{ }\mu\text{m}$ において、即ち $196\text{ }\mu\text{m}$ の移動の度に、相関性の高いスペックルノイズが出現している。

【0047】

これらの結果から、ディフューザ5の凹凸パターンの設計条件や、一次元画像を2次元画像に変換するガルバノミラー3の光走査の周波数とディフューザ5の移動の線速度との関係が、それぞれ求められる。

【0048】

ここで、ガルバノミラー3の光走査の周波数を f_{scan} とする。一般的に、この周波数 f_{scan} としては、HDTVのフレームレート=60Hzが選択される。

さらに、投射型画像表示装置1の横解像度（走査方向）をHDTV規格の1920ピクセルとすると、1ラインあたりの描画時間は $1/f_{\text{scan}}/(1920\text{ ピクセル}) = 1/60/1920 = 8.7\text{ }\mu\text{s}$ となる。言い換えると、ディフューザ5の一辺 $24\text{ }\mu\text{m}$ のセル12が、持続時間 $8.7\text{ }\mu\text{s}$ の閃光で1秒間に60回照明されることになる。

【0049】

このとき、スペックルノイズを効果的に低減するためには、ディフューザ5の移動について、以下2つに挙げる条件のいずれかを満たす必要がある。

(1) $8.7\text{ }\mu\text{s}$ の照明显期間の間に、相関性の低いスペックルパターンを複数枚発生できるように、ディフューザ5を高速移動させる。

図6に示したように、ディフューザ5を $10\text{ }\mu\text{m}$ 移動させることによってある程度のスペックル低減が確保できる。

また、 $196\text{ }\mu\text{m}$ の移動によって、最大の効果が得られる。移動量が $196\text{ }\mu\text{m}$ を超えると、相関度が高いパターンを2回以上含むので、効果が低下する。

よって、望ましいディフューザ5の移動の線速度は、 $10 \sim 196\text{ }\mu\text{m}/8.7\text{ }\mu\text{s} = 1.1 \sim 22.8\text{ }(\text{m}/\text{s})$ と計算される。

(2) より低速のディフューザ移動によても、ある程度のスペックル低減効果は得られる。1フレームを描画する毎($1/60 = 16.7\text{ m}\text{s}$)に、ディフューザ5が異なるスペックルパターンを発生させねばよい。1フレーム描画の度に、 $24\text{ }\mu\text{m}$ 正方のセル12の1個分だけディフューザ5を移動させるとすると、線速度は $1.44\text{ mm}/\text{s}$ となる。

【0050】

(2) を低速移動によるフレームレートスペックル低減、(1) を高速移動によるラインレートスペックル低減と称する。

(2) の低速移動は、ボイスコイルモータやピエゾ素子等のアクチュエータによるリニア振動によって、比較的容易に実現できる。例えば振幅 $196\text{ }\mu\text{m}$ (Peak to Peak值)、周波数 10 Hz でディフューザ5を振動させれば、線速度は 6 mm/s となる。ディフューザ5の振動速度(周波数)は、 $3 \sim 30\text{ Hz}$ の範囲から選定される。

一方、(1) の高速移動は、(2) の低速移動によるフレームレートスペックル低減に対して付加的な効果をもたらす。リニア振動では、所望の効果を得るための高速移動を実現することが困難である。そこで、ディスク状のディフューザを用意し、これを光軸方向(Z方向)に垂直な面内で回転運動させる必要がある。例えば、ディフューザ面(光路が通過する部分であり凹凸パターンが形成された面)の回転半径を 20 mm 、線速度を 5 m/s とすると、回転数は 2400 rpm となる。

【0051】

次に、ディフューザ5を構成する正方格子のサイズについて考察する。

ディフューザ5によって散乱された光を効率よく、投射レンズ6に取り込むには、ディフューザ5による散乱角が、図7に示す投射レンズ6の取り込み角 α よりも小さい必要がある。

この投射レンズ6の取り込み角 α は、投射レンズのFナンバーによって規定される。例えば、Fナンバーが2.4の投射レンズ6の場合、取り込み角 α は全角で 24° となる。

【0052】

一方、ディフューザ5による散乱角の最大値は、ディフューザを構成する格子の最小ピッチによって決定される。この格子が図4Aに示した一辺 $3\text{ }\mu\text{m}$ の正方形である場合には、波長 640 nm の赤色光について、回折角は約 12° と計算される。

実際には、ディフューザに入射する光が既に広がり角(約 12°)を有しているので、散乱光の角度広がりは $\sqrt{(12)^2 + (12)^2} = 17^\circ$ と計算される。

この角度は投射レンズの取り込み角 α (=24度)よりも小さな値なので、効率よく、散乱光を集光できる。

一方、ディフューザ5の格子サイズが $3\text{ }\mu\text{m}$ より大きい場合は、散乱角が小さくなるので、レンズの集光効率は改善する。ただし、格子のサイズがあまり大きいと、GLV素子の画素サイズ($25\text{ }\mu\text{m}$)と比較して無視できない大きさとなるので、スクリーン上画面へのディフューザ5のパターンの映り込みが問題となる。

【0053】

以上の観点から、例えば画素サイズが $25\text{ }\mu\text{m}$ 程度で

あるGLV素子及びFナンバーが2.4である投射レンズの組み合わせにおいて、ディフューザの正方格子サイズは2~6μmの範囲から選ぶことが望ましい。

【0054】

ディフューザ5の凹凸パターンは、散乱される光の散乱角が、投射レンズのFナンバーから決定される投射レンズの取り込み角と同程度又はそれ以下となるよう設定することが望ましい。

また、ディフューザ5の凹凸パターンは、スクリーン上に投影された画像に、ディフューザ5のパターンが映り込まないほどの大きさに設定することが望ましい。

このように、ディフューザ5の凹凸パターン、特にその繰返し周期(ピッチ)等のサイズを設定することにより、効率よく投射レンズ6で光を取り込めると同時に、表示部のスクリーン上へのディフューザ5のパターンの映り込みを抑制することができる。

【0055】

上述の本実施の形態の投射型画像表示装置100によれば、ディフューザ5を2次元中間像の位置に設置し、さらに駆動装置により光軸方向に垂直であり、かつ1次元型光変調素子1からの1次元像の方向に平行な方向、即ちY方向に振動させる構成となっているので、1次元型光変調素子1からの1次元像を走査して2次元中間像を形成する構成の投射型画像表示装置100であっても、ディフューザ5をY方向に振動させることにより、時間的に異なるスペックルパターンを発生させて、目の平均効果によりスペックルノイズを目立たなくすることが可能になる。

これにより、1次元型光変調素子1を用いて、素子の画素数を大幅に低減することができ、高解像度化に対応できると共に、スペックルノイズを低減して、良好な画像を得ることが可能になる。

【0056】

また、本実施の形態の投射型画像表示装置100によれば、ディフューザ5に繰り返しの凹凸パターンを形成していることにより、前述したように、パターンの繰り返し周期に対応してディフューザ5の振動速度(線速度)を設定することにより、相関性の低いスペックルパターンを複数形成することが可能になり、効果的にスペックルノイズを低減することができる。

【0057】

そして、ディフューザ5の振動速度(線速度)を、ガルバノミラー3の走査により画像が1フレーム形成される毎に異なる位相を画像に与えるように設定する(前述した低速移動によるフレームレートスペックル低減)ことにより、1フレームの描画の間に異なるスペックルパターンを発生させることができ、より効果的にスペックルノイズを低減することができる。

【0058】

また、ディフューザ5の振動速度(線速度)を、ガル

バノミラー3の走査により1ライン分の画像が形成される時間内に異なる位相を画像に与えるように設定する

(前述した高速移動によるラインレートスペックル低減)ことにより、1ラインの描画の間に相関性の低いスペックルパターンを発生させることができ、これによつても、より効果的にスペックルノイズを低減することができる。

【0059】

さらに、ディフューザ5を通って散乱された光の散乱角が投射レンズ6の取り込み角 α と同程度以下になるように、ディフューザ5のパターン(特にパターンの格子等のサイズ)を設定することにより、散乱された光が投射レンズから外れることを防止して、ディフューザ5で散乱された光を効率良く投射レンズ6に取り込んで、画像表示に使用することができる。

これにより、光源からの光を効率よく画像表示に使用することができ、例えば画像表示に必要な電力量を低減することも可能になる。

【0060】

20 上述の実施の形態の投射型画像表示装置100では、GLV素子に代表される1次元型光変調素子1を用いたが、その他の構成にも本発明を適用することができる。

本発明では、複数の発光部又は光変調部により1次元表示素子を構成し、この1次元表示素子からの光を走査する構成とする。

従って、1次元表示素子としては、上述の1次元型光変調素子1のように、複数の光変調部をライン状に配列した1次元光変調素子の他に、複数の発光部をライン状に配列した1次元発光表示素子を用いることが可能である。

【0061】

続いて、本発明の他の実施の形態を示す。

前述したように、ガルバノミラー3などの光走査手段により走査して、2次元画像を得る場合、像面が円弧状となるため、投射レンズによるスクリーンへの投影には適さない。

【0062】

前述した実施の形態では、例えば円筒レンズから構成される、像面湾曲補正光学系4を設けることにより、2次元中間像の像面をフラットにしていた。

ただし、この場合には、図8に概略図を示すように、2次元像のうち、光軸付近の中央部では光の光線方向L0が光軸と平行であるのに対して、光軸から遠い周辺部では、光の光線方向L1, L2が光軸に対して平行ではなく、光軸から離れる方向になっている。そのため、投射後の像の周辺部では、光量が低下してしまうことがある。

【0063】

これを防ぐためには、周辺部についても、光線方向を光軸に対して平行にするように、テレセントリック補正

を行う。

具体的には、図9に概略図を示すように、像面湾曲補正光学系4とディフューザ5との間に、テレセントリック補正を行う補正光学系21を設ける。この補正光学系21は、例えばリニアフレネルレンズなどの光線方向変更手段によって実現することができる。なお、図示しないその他の部分は、図1に示した投射型画像表示装置100と同様の構成とすることができます。

これにより、周辺部においても、光の光線方向L1,L2を光軸に対して平行にすることができる。

【0064】

なお、スペックル低減手段であるディフューザに、このテレセントリック補正機能を付加することも可能である。図10に概略図を示すように、テレセントリック補正機能が付加されたディフューザ22を像面湾曲補正光学系4の後段に設ければよい。

このようなディフューザ22は、ディフューザ22の周辺部において、適当なピッチのブレーズ(鋸波)型の段差形状を、光走査方向に垂直であり1次元像に平行である方向(図1のY方向に相当)にのみ形成することにより、構成することができる。

これにより、周辺部の光についても、光線方向が光軸に平行になるように、補正を行うことができる。

【0065】

また、この場合、ディフューザ22の光走査方向に平行な方向(図1のX方向に相当)についてはランダムな位相パターンとする。この結果、ディフューザ22はリニアフレネルの効果を果たしつつ、振動させることによってスペックルを低減する機能も持たせられる。

なお、図示しないその他の部分は、図1に示した投射型画像表示装置100と同様の構成とすることができます。

【0066】

なお、上述した各実施の形態において、ディフューザ5,22は、像の位置に設置されるフィールドレンズとして機能するので、ディフューザ5,22を動かしても、スクリーンに投影された像が揺れることはない。

【0067】

また、ディフューザのさらに他の形態として、ディフューザに、強力なレーザ光によって目を損傷してしまうことを防止する機能を持たせることもできる。

レーザ光を用いた投射型画像表示装置に対して、人が不意に、光路内から投射レンズを覗き込んだ場合、レーザビームを直接観察することとなり、強力なレーザ光による目の損傷を発生させる可能性がある。

この危険性を測る手段として、網膜上に結像されるレーザスポットの大きさが挙げられる。即ち、スポットが小さいほど、網膜上の光密度が高くなり、局所的な目の損傷を発生させる可能性が高くなる。この危険性を低減するには、網膜上のスポットサイズをなるべく大きく、

かつ一様な強度分布にすることが望ましい。

【0068】

そして、網膜上のパターンが最小になる可能性が生じるケースは、投射レンズの瞳におけるビームに目の焦点があつた場合である。

この投射レンズの瞳位置における光の強度分布は、ディフューザによって散乱された光の散乱角度分布と一对一で対応する。

【0069】

そこで、ディフューザ5のパターンを最適設計することにより、図11A及び図11Bに示すように、瞳面内における光強度分布が一様になるようとする。図11Aの左側は散乱角度に対する光強度分布を示しており、広い角度範囲で分布が一様になっている。また、図11Bは瞳面内強度分布を模式的に示し、瞳面内の強度分布が一様になっていることを示している。

この結果、網膜損傷の危険性を低減することができる。

【0070】

なお、比較対照として、危険なケースの場合について、瞳面内の光強度分布の状態を、図12A及び図12Bに示す。中央部の光強度分布が特に強くなつていて、レーザ光による網膜損傷を発生させる危険性が高まることがわかる。

【0071】

本発明は、上述の実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲でその他様々な構成が取り得る。

【図面の簡単な説明】

【0072】

【図1】本発明の一実施の形態の投射型画像表示装置の概略構成図である。

【図2】GLV素子の動作説明図であり、非駆動状態を示す図である。

【図3】GLV素子の動作説明図であり、駆動状態を示す図である。

【図4】凹凸パターンを形成したディフューザの一形態の凹凸パターンの一単位(セル)を示す図である。

【図5】図4Bのユニットをしきつめたディフューザを示す図である。

【図6】ディフューザの移動量とスペックルパターンの相関度との関係を示す図である。

【図7】ディフューザで散乱された光と投射レンズの取り込み角とを示す図である。

【図8】図1の実施の形態の2次元像の光線方向を示す概略図である。

【図9】テレセントリック補正を行う補正光学系を設けた実施の形態の2次元像の光線方向を示す概略図である。

【図10】テレセントリック補正機能を備えたディフュ

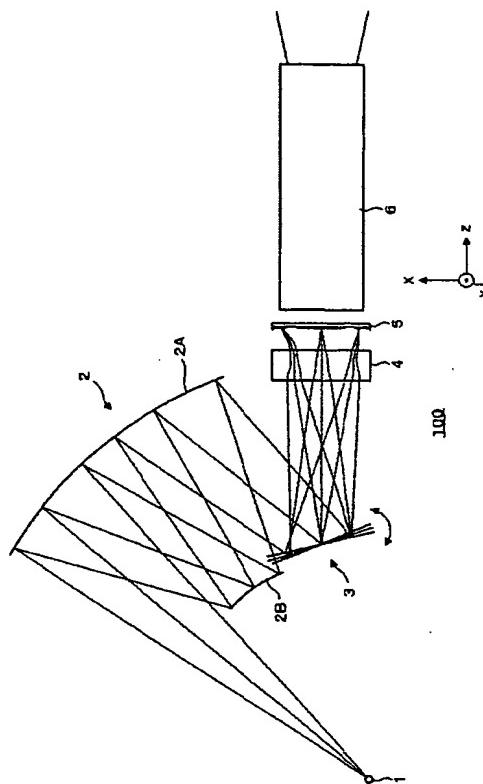
一ザ設けた実施の形態の2次元像の光線方向を示す概略図である。

【図11】A、B 瞳面内における光強度分布が一様になるようにした形態の光強度分布を示す図である。

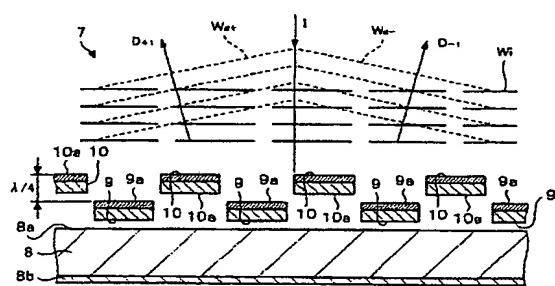
【図12】A、B 危険なケースの場合において、瞳面内における光強度分布を示す図である。

【符号の説明】

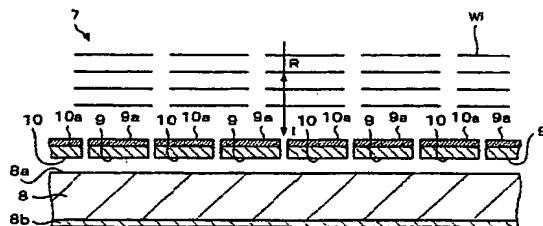
【図1】



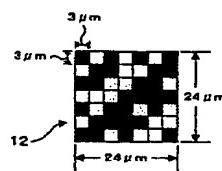
【図3】



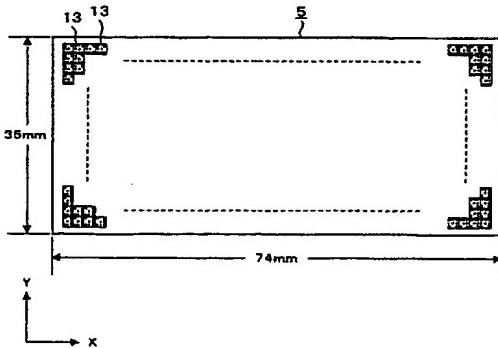
【図2】



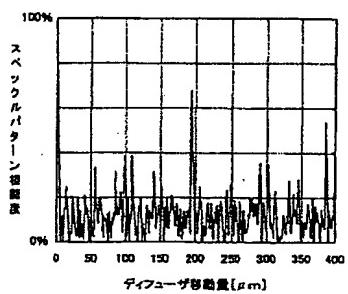
【図4】



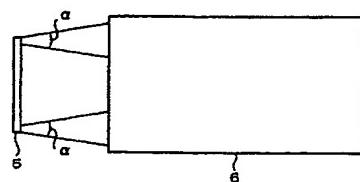
【図5】



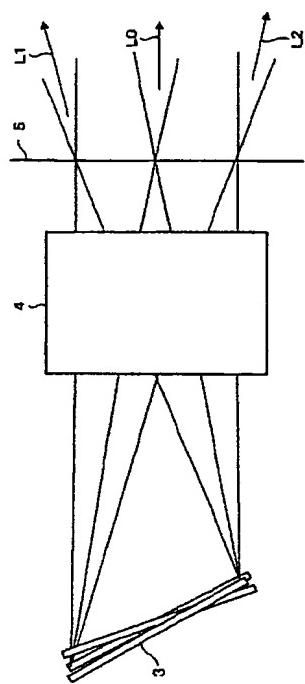
【図6】



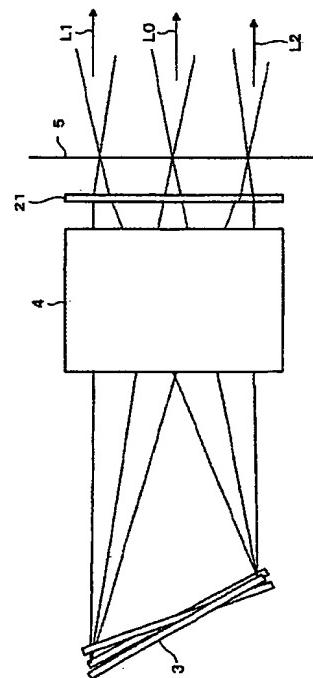
【図7】



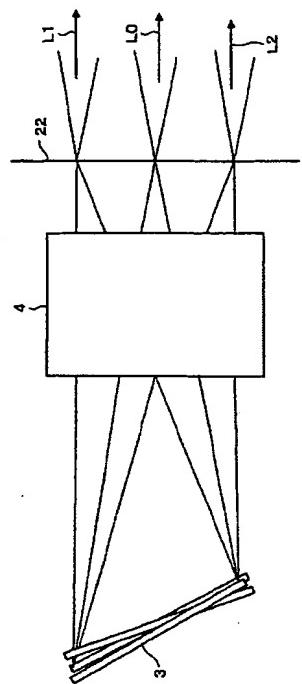
【図8】



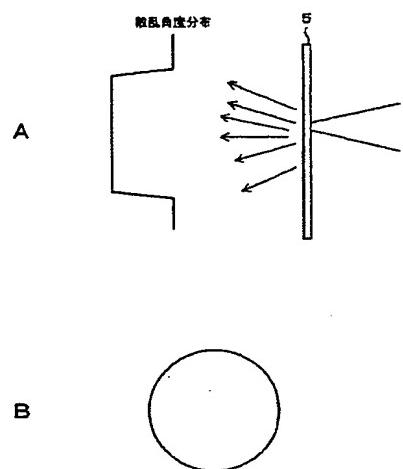
【図9】



【図10】



【図11】



【図12】

